بهره‌برداری و پرورش آبزیان
جلد ششم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۹٦
http://japu.gau.ac.ir

بررسی آینده احتمالی خلیج گرگان پس از جدایی از دریای کاسپی از نگاه توالی بوم‌شناختی

سعید شربتی*
مربی گروه تولید و بهره برداری آبزیان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
تاریخ دریافت:۱۳۹٦/۰۳/۳۰؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹٦/۰۷/۱٤

چکیده

خلیج گرگان حوضه آبی نیمه بسته‌ای است که در سال‌های اخیر با خطر خشکی‌زدگی ناشی از کاهش سطح آب در دریای کاسپی قرار دارد. در این تحقیق آینده احتمالی خلیج پس از جدایی از دریای کاسپی تحت دو سناریو مورد بررسی قرار گرفت. در سناریو اول خلیج تحت تأثیر اقلیم حاکم بر آن بررسی شد. در سناریو دوم خلیج تحت تأثیر اقلیم و ورودی رودخانه‌ها بررسی شد. از میانگین روزانه داده‌های جهت و سرعت باد، بارش و تبخیر و میانگین ماهانه دبی رودخانه‌های منتهی به خلیج جهت مدل‌سازی با مایک ۲۱ استفاده شده است. نتایج مدل‌سازی تحت سناریو اول نشان داد که ۵۵۱ روز بعد جدایی خلیج از دریای کاسپی، خلیج متأثر از اقلیم حاکم بر آن به خشکی مبدل خواهد شد. نتایج مدل‌سازی تحت سناریو دوم نشان داد که خلیج متأثر از اقلیم حاکم بر آن و ورودی رودخانه‌ها بعد گذشت سه سال به تعادل رسیده و مبدل به یک تالاب درون خشکی می‌گردد. بعد جدایی خلیج از دریای کاسپی مراحل توالی بوم‌شناختی در آن با سرعت انجام خواهد شد. در صورت عدم ارتباط خلیج با دریا و عدم تأمین حق‌آبه از رودخانه‌ها، جانشینی بوم‌شناختی در خلیج گرگان از نوع جانشینی مخرب خواهد بود. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که علاوه‌بر کاهش سطح آب و فرآیند رسوب‌گذاری، تغذیه‌گرایی نیز به‌عنوان سومین عامل تهدیدکننده حیات در خلیج مورد توجه می‌باشد. ضرورت احداث یک کانال جدید از طریق شبه‌جزیره میانکاله به جهت افزایش خودپالایی در خلیج و خروج آن از شرایط جانشینی مخرب پیشنهاد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: خلیج گرگان، جانشینی بوم‌شناختی، شبیه‌سازی، مایک ۲۱

*مسئول مکاتبه: s_sharbaty@yahoo.com

مقدمه

تالاب دریای خلیج گرگان حوضه آبی نیمه بسته‌ای است که در سال‌های اخیر تنها از طریق ناحیه چاپاقلی با دریای کاسپی در ارتباط دایمی بوده است (شربتی، ٢٠١٦). این تالاب از نوع تالاب‌های دریایی قلمداد گردیده و با توجه به میزان تاثیرگذاری آب شیرین رودخانه‌های ورودی بر کیفیت آب آن در گروه تالاب‌های دریای- سطحی[1] قرار داده شده است (سلمان‌ماهینی و سفیدیان، ٢٠١٣). خلیج گرگان در معرض دو اقلیم قاره‌ای و دریای قرار دارد (رحیمی‌پورانارکی، ٢٠٠٥).

خلیج گرگان با شروع دوره هولوسن و در اثر پیش‌روی زبانه ماسه‌ای میانکاله به منتهی‌الیه جنوب شرقی دریای کاسپی شکل گرفته است. زبانه ماسه‌ایی میانکاله فعال بوده و در اثر آورد رسوبی رودخانه‌های منتهی به حوضه جنوبی دریای کاسپی به‌همراه فعالیت‌های فیزیکی دریا همچون موج و جریان در حال پیش‌روی به سمت شرق می‌باشد (عرفان و حامدی، ٢٠١٥).

با شروع دوره هولوسن هندسه حوضه خلیج گرگان متاثر از نوسان سطح آب دریای کاسپی دایما در حال تغییر بوده است (عمادالدین و همکاران، ٢٠١٤). افزایش و کاهش سطح تراز آب در دریای کاسپی، مساحت و حجم خلیج گرگان را به‌ترتیب افزایش و کاهش می‌دهد (عموزاده و کنعانی، ٢٠٠٨). دو عامل مهم کاهش سطح آب و فرآیند رسوب‌گذاری ماهیت وجودی خلیج گرگان را تهدید می‌کند (شربتی، ٢٠١٦). این موضوع از دیدگاه زمین‌شناسی نیز مورد تأیید واقع گردیده است (امینی، ٢٠١٢).

تحت تأثیر فرآیندهای مذکور بوم‌سازگان خلیج گرگان چندین بار پس از شروع دوره هولوسن از وضعیت تالاب دریایی به خشکی با پوشش گیاهی و جانوری خشکی‌زی تغییر مسیر داده است. چنین فرآیندی تحت عنوان فرآیند توالی بوم‌شناختی[2] شناخته می‌گردد. فرآیند توالی بوم‌شناختی به تغییرات ایجاد شده در ساختار گونه‌ای یک جامعه بوم‌شناختی با گذشت زمان اطلاق می‌گردد (سانحی و بنتون، ٢٠٠٨).

در خلال ٢٢ سال اخیر (١٩٩٥ الی ٢٠١٧ میلادی) سطح آب دریای کاسپی تقریبا ١/٥ متر کاهش یافته است. شبیه‌سازی‌های هندسی کوچک مقیاس از حوضه خلیج گرگان احتمال انسداد دایمی ناحیه چاپاقلی را در ترازهای کاهشی سطح آب دریای کاسپی در آینده نه‌چندان دور بیان می‌دارد (شربتی و قانقرمه، ٢٠١٦). از طرفی مطالعات صورت گرفته در مقیاس بزرگ‌تر که بر روی دریای کاسپی انجام شده است نشان می‌دهد که با فرض ثابت ماندن دبی ورودی رودخانه‌های منتهی به دریای کاسپی در وضعیت فعلی و با ادامه روند گرمایشی اقلیم حاکم بر دریای کاسپی در سده پیش‌رو، احتمال کاهش سطح آب در دریای کاسپی به میزان ٥ متر در ٧٥ سال آینده وجود خواهد داشت (چن و همکاران، ٢٠١٧).

بر اساس تحقیقات صورت گرفته میانگین سالانه تبخیر از سطح خلیج گرگان معادل ١/٥ متر ولیکن میانگین سالانه بارش بر روی حوضه خلیج گرگان ٠/٥ متر می‌باشد (جندقی‌علایی و همکاران، ٢٠١٦). با توجه به کاهش دبی رودخانه‌های ورودی به خلیج در سال‌های اخیر، درصورت عدم ارتباط خلیج با دریا می‌توان انتظار داشت که سالانه یک متر از عمق خلیج به واسطه تبخیر از سطح آن کاسته گردد.

1- Rheotrophic-Marine

2- Ecological Succession

بر اساس ادله مذکور فرض وقوع توالی بوم‌شناختی در خلیج گرگان و تبدیل آن به بوم‌سازگان خشکی در آینده نزدیک چندان دور از انتظار نخواهد بود، چنان‌که فرآیند مذکور برای خلیج حسین‌قلی و تالاب گمیشان در استان گلستان روی داده است. بر این اساس مطالعه و بررسی در خصوص آینده خلیج گرگان بر اثر کاهش سطح آب در دریای کاسپی و احتمال انسداد شاه‌رگ خلیج گرگان در ناحیه چاپاقلی و ورود این بوم‌سازگان منحصر به فرد به مرحله جانشینی در اثر جدایی از دریای کاسپی می‌بایست از طریق شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای مورد تحقیق واقع گردد.

در این پژوهش آینده خلیج گرگان تحت دو سناریو احتمالی و با در نظر گرفتن اقلیم حاکم بر خلیج گرگان و ورودی رودخانه‌های منتهی به آن مدل‌سازی گردیده است. ابزار استفاده شده جهت نیل به اهداف تحقیق مدل هیدرودینامیکی مایک ۲۱ از بسته نرم‌افزاری دی‌اچ‌آی[1] می‌باشد. در ادامه مقاله روش بررسی و نتایج مستخرج از مدل شبیه‌ساز تحت دو سناریو مفروض تشرح می‌گردد.

مواد و روش

موقعیت جغرافیای خلیج گرگان: خلیج گرگان از نوع تالاب‌های ساحلی و دایمی با آب لب‌شور می‌باشد که مرکز آن در مختصات ۳۶ درجه و ۵۰ دقیقه عرض شمالی و ۵۳ درجه و ۵۰ دقیقه طول شرقی قرار داشته و تنها خلیج ایران در سواحل جنوبی دریای کاسپی می‌باشد (شکل ۱). خلیج گرگان و تالاب میانکاله با یک‌دیگر پیوسته بوده و جزو یکی از ۲۲ تالاب بین‌المللی ثبت شده در کنوانسیون رامسر می‌باشند. این منطقه از جمله ذخایر بیوسفر نه گانه ایران به‌شمار می‌رود و با توجه به ویژگی‌های طبیعی خود در سال ۱۹۷۶ میلادی در پروژه ۸ برنامه انسان و کره مسکون سازمان ملل به ثبت رسیده است (بهروزی‌راد، ۲۰۰۹). طول خلیج بالغ بر ۶۰ کیلومتر و عرض آن حداکثر ۱۲ کیلومتر می‌باشد و با توجه به نوسان سطح آب دریای کاسپی مساحت و عمق آن دایما در حال تغییر می‌باشد (شربتی، ۲۰۱۶).

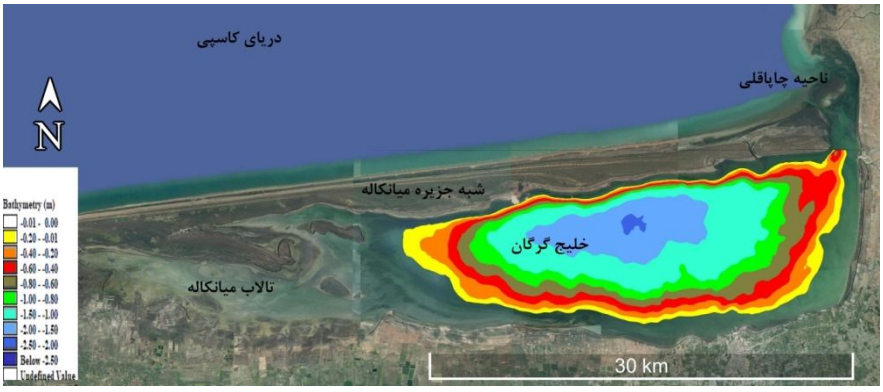
مدل هیدرودینامیک مایک ۲۱: شبیه‌سازی، فرآیند طراحی مدل از یک سازگان واقعی و انجام آزمایش بر روی این مدل به جهت پی بردن به رفتار سازگان در زمانی‌که امکان مشاهده پدیده‌ها در محیط واقعی میسر نباشد همچون وقوع یک فرآیند در آینده اطلاق می‌گردد (خسروی و اعظمی‌راد، ۲۰۱۴). در تحقیق حاضر از مدل بی‌ساختار مایک ۲۱ جهت شبیه‌سازی آینده خلیج گرگان استفاده شده است. معادلات به‌کار رفته در مدل شامل معادلات پیوستگی جرم و اندازه حرکت جزئی ناویر استوکس در صفحه افق و در سیستم دستگاه مختصات کارتزین می‌باشد (خودآموز مایک ۲۱، ۲۰۱۲). در مدل مایک ۲۱، گسسته‌سازی مکانی معادلات اولیه با استفاده از شیوه احجام محدود سلول مرکزی و عبارات زمانی از شیوه صریح انجام می‌پذیرد.

مدل‌سازی بستر خلیج گرگان: جهت ساخت هندسه بستر خلیج گرگان از سه نقشه با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ متعلق به سازمان نقشه‌برداری کشور استفاده شده است. با مطالعه تحقیقات پیشین (کاکرودی و همکاران، ۲۰۱۲) و بررسی نقشه‌های دریای و خشکی خلیج گرگان، تراز آبی را که در آن انسداد دایمی خلیج گرگان از دریای مادری محقق می‌گردد معادل تراز منفی ۲۸/۵ متر نسبت به سطح خلیج فارس انتخاب گردید. در این تراز احتمال ارتباط مجدد خلیج گرگان با دریای کاسپی متأثر از ترازهای بالای لحظه‌ای منتج از برکشند طوفان، صفر در نظر گرفته

1- DHI

شده است. در مرحله بعد نسبت به ساخت نقشه عمق‌سنجی خلیج گرگان به روش بی‌ساختار مثلثی و با درون‌یابی نقاط عمقی به شیوه دلاونی با استفاده از ماژول تولیدگر مش اقدام گردید (خودآموز مایک زرو، ٢٠١٢). با توجه به اهمیت نقش رودخانه‌ها در شکل‌دهی احتمالی تالاب درون خشکی[1] در خلیج گرگان شبکه مثلثی استفاده شده در این تحقیق تا حد ممکن ریز انتخاب شده و شامل ٩٨٤٦ گره و ١٨٩٧٠ المان می‌باشد (شکل ١). مساحت خلیج گرگان در تراز منفی ٢٨/٥ متر معادل ٢٦٧ کیلومتر مربع، حجم آن معادل ٠/٢٢ کیلومتر مکعب، طول خط ساحلی ٨٠ کیلومتر و حداکثر عمق و عمق متوسط آن به‌ترتیب ٢/١ و ٠/٩ متر محاسبه گردیده است.

سناریوسازی مراحل توالی در خلیج گرگان: به‌منظور بررسی مراحل توالی در خلیج گرگان پس از جدایی از دریای کاسپی دو سناریو محتمل انتخاب گردید. در سناریو اول فرض بر آن شد که خلیج گرگان پس از جدایی از دریای مادری تنها تحت تأثیر عوامل اقلیمی حاکم بر آن همچون بارش، تبخیر و باد قرار داشته و ورودی رودخانه‌ها نقشی در حیات خلیج نداشته باشند. در سناریو دوم فرض بر آن شد که خلیج گرگان پس از جدایی از دریای کاسپی نه‌تنها متأثر از عوامل اقلیمی قرار دارد بلکه ورودی رودخانه‌ها نیز در ادامه حیات آن مؤثر باشند ولیکن در این سناریو دبی ورودی رودخانه‌ها به‌صورت مجتمع به خلیج گرگان وارد خواهد شد.



شکل ١- هیدروگرافی خلیج گرگان در تراز منفی ٢٨/٥ متر نسبت به خلیج فارس.

مراحل تنظیم مدل: زمانی‌که خلیج گرگان از دریای کاسپی جدا می‌گردد عملا استفاده از شرط اولیه مرزهای باز در مدل‌سازی‌ها منتفی خواهد بود. در تحقیق حاضر به‌منظور اعمال شرایط اقلیمی حاکم بر خلیج گرگان به مدل، نسبت به انتخاب یک سال شاخص که در آن سال تمامی داده‌های مورد نیاز برای مدل‌سازی موجود باشد اقدام گردیده است. بدین صورت از داده‌های اقلیمی شامل تبخیر، بارش، جهت و سرعت باد در سال شاخص ١٣٨٩ استفاده گردیده و داده‌های مذکور با فرض عدم تغییر در دو سناریو یاد شده برای یک دوره بلندمدت تکرار و به مدل اعمال گردید. با توجه به اهداف تحقیق که بررسی آینده خلیج گرگان می‌باشد، از فرض باروتروپیک[2] بودن چگالی یعنی عدم وابستگی چگالی به تغییرات دما و شوری آب و همچنین عدم تأثیر تابش امواج[3] بر رژیم هیدرودینامیک خلیج گرگان استفاده شده است. جهت

1- Mesh Generator

2- Barotopic
3- Wave Radiation

معرفی تنش باد به‌عنوان یکی از ورودی‌های مدل به صورت ثابت در مکان و متغیر در زمان، از میانگین روزانه داده‌های جهت و سرعت باد ایستگاه هواشناسی بندرترکمن منطبق بر دوره زمانی مدل‌سازی استفاده شده است. برای اعمال تغییرات ضرایب اصطکاک باد به واسطه تغییرات سرعت باد از رابطهٔ اسمیت و بنک استفاده گردید (اسمیت و بنک، ۲۰۰۷). در این تحقیق از میانگین روزانه بارش، تبخیر و میانگین ماهانه دبی ورودی ۱۳ رودخانه ورودی به خلیج به‌عنوان منابع افزاینده و کاهنده[1] منطبق با دوره زمانی مدل‌سازی استفاده شده است. به‌منظور مدل‌سازی اثر گردابه‌ای از فرمول اسماگورینسکی بر پایه سرعت آب با ضریب ثابت ۰/۵ استفاده گردید (اسماگورینسکی، ۱۹۶۳). اثر نیروی کوریولیس علی‌رغم عرض جغرافیایی بسیار ناچیز منطقه در نظر گرفته شده است. در این تحقیق مقاومت بستر در خلیج گرگان بر اساس عدد مانینگ ۳۲ به مدل اعمال گردید.

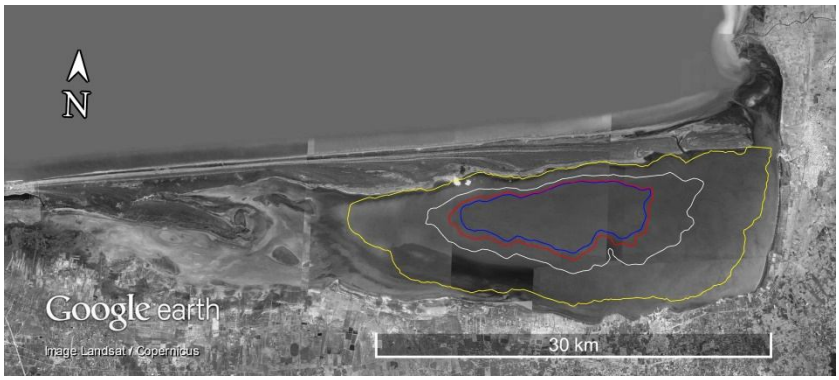
از آن‌جاکه آینده خلیج گرگان تحت دو سناریو مفروض مورد بررسی واقع می‌گردد بازه زمانی مدل‌سازی‌ها تا حد امکان بزرگ انتخاب گردیده است. بازه زمانی مدل‌سازی‌ها ١٤ ساله و تعداد گام‌های زمانی و فواصل زمانی محاسبات به‌ترتیب ١٤١٠٠٠٠٠ و ۳۰ ثانیه در نظر گرفته شده است. خروجی مدل شامل ارتفاع سطح آب (متر)، عمق لحظه‌ای آب (متر)، عمق کل آب (متر)، جهت جریان (درجه) و سرعت جریان (متر بر ثانیه) می‌باشد. محاسبات در نظر گرفته شده پس از پایان مدل‌سازی‌ها شامل زمان وقوع مراحل توالی پس از شروع مدل‌سازی، مساحت و حجم خلیج گرگان خواهد بود. در این تحقیق از سرور دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان با مشخصات سخت‌افزاری ویندوز سرور ۲۰۰۸ آر۲، رم ۳۲ گیگا بایت و سی‌پی‌یو دو هسته‌ای زنون ۲/٦٧ گیگاهرتز جهت اجرای مدل‌ها استفاده شده است.

نتایج

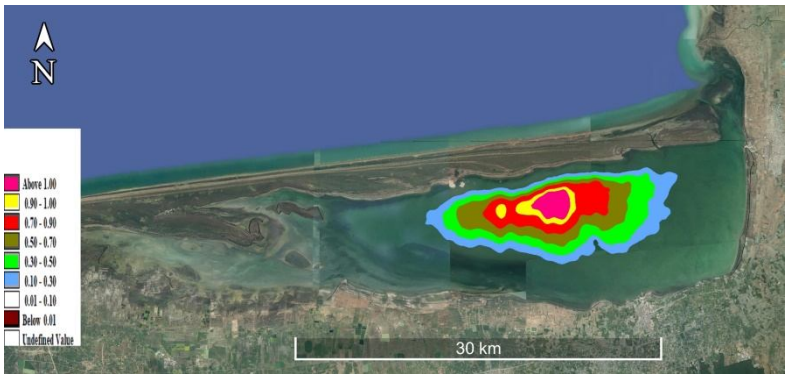
نتایج شبیه‌سازی در سناریو اول یعنی تأثیر باد، بارش و تبخیر ولیکن عدم تأثیر ورودی رودخانه‌ها به درون خلیج بیان می‌دارد که خلیج گرگان در تراز منفی ۲۸/۵ متر، ۵۵۱ روز پس از جدایی از دریای کاسپی تماما خشک خواهد شد.

نتایج تحقیق تحت سناریو دوم یعنی در نظر گرفتن عوامل اقلیمی و تأثیر ورودی رودخانه‌ها نشان می‌دهد که در این وضعیت خلیج گرگان می‌تواند ماهیت هندسی خود را حفظ نماید ولیکن این تالاب از حالت تالاب دریای به یک تالاب درون خشکی تغییر ماهیت خواهد داد. نتایج مدل‌سازی نشان می‌دهد که خلیج گرگان در تراز منفی ۲۸/۵ متر، متأثر از عوامل در نظر گرفته در سناریو دوم حداکثر پس از گذشت ۳ سال جدایی از دریای مادری با مجموعه عوامل اقلیمی و ورودی رودخانه‌های منتهی به آن به یک حالت تعادلی و پایدار خواهد رسید و از آن پس تغییرات صورت گرفته در مساحت و شکل سواحل آن بسیار اندک و وابسته به اقلیم باد خواهد بود (شکل ۲). اشکال ۳، ٤ و ۵ وضعیت هندسی خلیج گرگان را در پایان هر سال خورشیدی نشان می‌دهد. جدول ۱ مشخصات هندسی خلیج گرگان را شامل مساحت، حجم، طول ساحل، حداکثر و میانگین عمق را در پایان هر سال خورشیدی نشان می‌دهد.

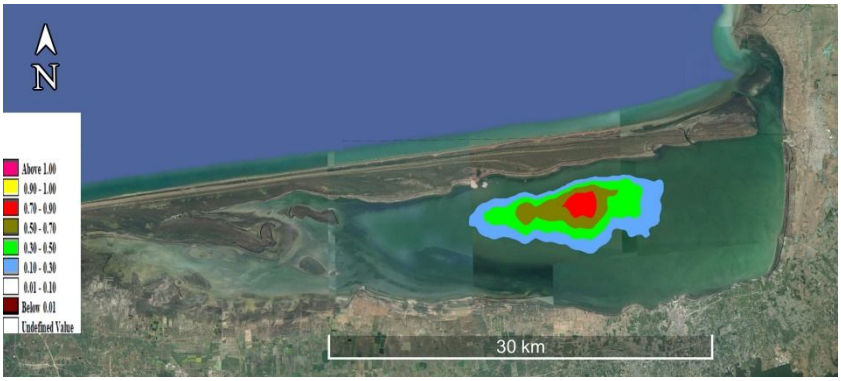
1- Source and Sink



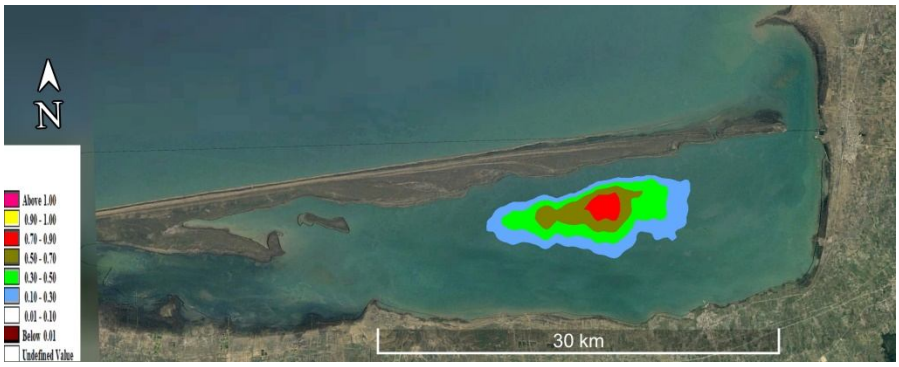
شکل ٢- تغییرات خط ساحلی خلیج گرگان متأثر از عوامل در نظر گرفته شده در سناریو دوم (خط زرد، خط سفید، خط قرمز و خط آبی به‌ترتیب خط ساحلی را در ابتدا، یک سال، دو سال و سه سال شروع محاسبات نشان می‌دهد).



شکل ٣- وضعیت هندسی و آب‌نگاری حوضه خلیج گرگان یک سال پس از جدایی از دریای مادری.



شکل ٤- وضعیت هندسی و آب‌نگاری حوضه خلیج گرگان دو سال پس از جدایی از دریای مادری.



شکل ۵- وضعیت هندسی و آب‌نگاری حوضه خلیج گرگان سه سال پس از جدایی از دریای مادری.

جدول ۱- مشخصات هندسی خلیج گرگان تحت سناریو دوم در پایان هر سال خورشیدی.

سال	مساحت (کیلومتر مربع)	حجم (کیلومتر مکعب)	طول ساحل (کیلومتر)	حداکثر عمق (متر)	میانگین عمق (متر)
اول	۱۰۸	۰/۰۱۵	۵۲	۱/۱۵	۰/۱٤
دوم	٦۱/۵	۰/۰۰٤۳	۳۸/۵	۰/۸۲	۰/۰۷
سوم	51	۰/۰۰۳	35	۰/۷٤	۰/۰٦
چهارم	52	۰/۰۰۳	۳٦	۰/۷٤	۰/۰٦

بحث

نوسانات به‌وجود آمده در تراز سطح آب دریای کاسپی به‌دلیل تغییرات اقلیمی ناشی از گرمایش دوره هولوسن و فعالیت‌های انسان‌ساختی، منشا بسیاری از تحولات بوم‌شناختی در آینده نزدیک در احجام آبی متصل به این حوضه خواهد بود.

زبانه ماسه‌ای میانکاله فعال بوده و نه تنها نوسان آب عامل تهدید خلیج گرگان محسوب می‌گردد بلکه بر اساس تحقیقات صورت گرفته در صورتی‌که تراز آب در چند دهه همچون ابتدای دهه ۵۰ خورشیدی باقی بماند به سهولت خلیج گرگان توسط زبانه ماسه‌ای میانکاله بسته خواهد شد (علی‌زاده کتک‌لاهیجانی و همکاران، ۲۰۰۸). بر این اساس می‌توان انتظار داشت که در آینده نه‌چندان دور با حرکت تدریجی زبانه ماسه‌ایی میانکاله، شبه‌جزیره میانکاله با خشکی استان گلستان مرتبط گردده و تنها راه ارتباطی خلیج گرگان با دریای کاسپی در ناحیه چاپاقلی، متأثر از این فرآیند طبیعی شتاب‌دار شده توسط فعالیت‌های انسان‌زادی دچار انسداد دایمی گردد.

بررسی نوسانات سطح آب در یک سده اخیر نشان داده است که خلیج گرگان در سال ۱۳۵٦ خورشیدی تا سرحد خشکی‌زدگی ناشی از کاهش سطح آب دریای کاسپی در تراز منفی ۲۸/٤ متر نسبت به خلیج فارس، به‌دلیل انسداد شاه‌رگ ارتباطی خلیج با دریای مادری در ناحیه چاپاقلی پیش رفته است (کاکرودی و همکاران، ۲۰۱۲). تردیدی نیست که در دوره مذکور تالاب گمیشان و تالاب میانکاله تماما به بوم‌سازگان خشکی بدل گردیده و سپس در سال‌های افزایش تراز سطح آب دریای کاسپی دو تالاب مذکور مجددا شکل گرفته و وظایف بوم‌شناختی خود را از نو بنا نهاده‌اند. در خلال سال‌های مذکور نه تنها خلیج گرگان، تالاب گمیشان و میانکاله در معرض خطر خشکی‌زدگی قرار داشته‌اند بلکه تالاب حسین‌قلی نیز از خطر کاهش سطح آب در امان نبوده و در نهایت

در سال ١٣٥٦ خورشیدی مبدل به بوم‌سازگان خشکی گردیده است (کاکرودی و همکاران، ٢٠١٢).

امروزه بقایای تالاب حسین‌قلی را که بخش اعظم آن مبدل به شوره‌زار گردیده است را می‌توان در بخش شرقی تالاب گمیشان و از طریق تصاویر گوگل ارث مشاهده نمود. آن‌چه امروز در بقایای خلیج حسین‌قلی مشاهده می‌گردد بوم‌سازگان خشکی با کمبود منابع خشکی‌زی گیاهی و جانوری می‌باشد. علی‌رغم استعداد منطقه مذکور در رویش درختچه و گیاهان مرتعی به‌دلیل جنس خاک و اقلیم منطقه، شوره‌زار تشکیل شده از رسوبات نمکی در نتیجه تبخیر آب محصور شده در خلیج حسین‌قلی راه را برای جانشینی‌های ثانویه[1] و ورود طلایه‌داران[2] خشکی‌زی بومی منطقه همچون سالیکورنیا، سازو و درخت‌چه گز مسدود نموده است. از نگاهی می‌توان وقوع این فرآیند را در بقایای خلیج حسین‌قلی از نوع توالی بوم‌شناختی مخرب[3] دانست. ولیکن آیا این نوع از جانشینی مخرب می‌تواند برای خلیج گرگان نیز روی دهد؟

جانشینی بوم‌شناختی یکی از خصوصیات بنیادین در جوامع زیستی می‌باشد (اردکانی، ٢٠١٧). به گواه تاریخ نوسانات به‌وجود آمده در سطح آب دریای کاسپی بارها بوم‌سازگان‌های خشکی را مبدل به بوم‌سازگان‌های دریای و بلاعکس نموده است (عمادالدین و همکاران، ٢٠١٤). خلیج گرگان نیز از این امر مستثنی نبوده و با شروع دوره هولوسن چندین بار به خشکی مبدل گردیده است. با بررسی منحنی ریچاگوف (١٩٩٧) در خصوص نوسانات سطح آب دریای کاسپی پس از شروع دوره هولوسن، می‌توان دریافت که حداقل در ٦٠ درصد مواقع، خلیج گرگان یک بوم‌سازگان خشکی و دارای تالاب درون‌خشکی بوده است. به‌عبارتی سازگان خلیج گرگان یک بوم‌سازگان گذاری بوده و وقوع جانشینی‌های بوم‌شناختی در آن امری رایج می‌باشد. تردیدی نیست که پس از جدای خلیج گرگان از دریای مادری، این بوم‌سازگان عملا وارد مرحله توالی بوم‌شناختی خواهد شد و تمامی استانداردهای مجموعه عوامل زیستی و غیر زیستی آن دستخوش تغییر و تحول بنیادین می‌گردد. بر این اساس بررسی مراحل توالی بوم‌شناختی ناشی از کاهش سطح آب در بوم‌سازگان‌های نظیر خلیج گرگان به‌جهت جلوگیری از جانشینی‌های مخرب امری بدیهی می‌باشد.

نه‌تنها کاهش سطح آب در خلیج گرگان می‌تواند به‌عنوان هشداری برای ورود آن به مرحله توالی بوم‌شناختی محسوب گردد بلکه وضعیت تغذیه‌گرایی این بوم‌سازگان نیز بیان‌گر غریب‌الوقوع بودن این امر می‌باشد. تحقیقات صورت گرفته در ابتدای دهه هشتاد خورشیدی نشان داده است که خلیج گرگان به‌لحاظ تغذیه‌گرایی[4] در سطح بینابینی[5] و غیر آلوده قرار دارد (خسروی و همکاران، ٢٠٠٤). ولیکن اندازه‌گیری ویژگی‌های کیفی آب خلیج در دو سال پیاپی ٩٥-١٣٩٤ خورشیدی نشان داده است که این خلیج حداقل در ٦٥ درصد بخش‌های آن فوق مغذی[6] و در ٣٢ درصد از آن مغذی[7] می‌باشد (پویاطرح‌پارس، ٢٠١٧). پس علاوه‌بر عوامل کاهش سطح آب و فرآیند رسوب‌گذاری، عامل تغذیه‌گرایی نیز به عنوان سومین عامل تهدیدکننده حیات خلیج گرگان حایز اهمیت می‌باشد.

یکی از نشانه‌های ورود یک سازگان آبی به مرحله توالی بوم‌شناختی تغییر در سطح تغذیه‌ای آن

1- Secondary Succession
2- Pioneers
3- Disclimax

4- Eutrophication
5- Mesotrophic
6- Hypertrophy
7- Eutrophic

بوم‌سازگان و رسیدن به مرحله فوق مغذی می‌باشد (حسینی و حسینی، ۲۰۱۵). از عمده دلایل افزایش مواد مغذی در خلیج گرگان کاهش سطح ارتباط خلیج با دریا و در نتیجه کاهش میزان تعویض آب و خودپالای در خلیج می‌باشد. این امر سبب ورود بیشتر مواد مغذی از دریا به خلیج شده و به‌سبب تبخیر آب در خلیج، بر میزان مواد مغذی افزوده می‌گردد. کاهش عمق سبب افزایش نفوذ نور در محیط پر از مواد مغذی گردیده و این مهم موجبات افزایش شکوفایی جلبکی در خلیج را فرآهم خواهد نمود. بر این اساس کاهش بیشتر سطح آب و محدودتر شدن ارتباط یک طرفه خلیج با دریا شرایط را برای فرآیند تهی‌سازی اکسیژن[1] در خلیج فراهم خواهد آورد.

روند رو به کاهش سطح آب در دریای کاسپی در خلال دو دهه اخیر هشدار را برای خشکی‌زدگی پیکره‌های آبی متصل با این دریا همچون خلیج گرگان نوید می‌دهد. آن‌چه در روزگاری نه‌چندان دور برای بوم‌سازگان خلیج حسین‌قلی روی داده است بی‌شک در انتظار خلیج گرگان و تالاب میانکاله خواهد بود.

نتایج تحقیق حاضر در خصوص سناریو اول نشان داده است که پس از قطع ارتباط خلیج گرگان از دریای مادری در تراز منفی ۲۸/۵ متر و با فرض عدم تاثیر ورودی رودخانه‌ها در حیات خلیج گرگان، خلیج گرگان پس از گذشت ۵۵۱ روز تماما به یک بوم‌سازگان خشکی بدل خواهد شد. فرض در نظر گرفته شده در سناریو مذکور در خصوص عدم تاثیر ورودی رودخانه‌ها تا حدی می‌تواند نزدیک به شرایط واقعی هیدروکلیماتولوژی[2] حاکم بر حوضه خلیج گرگان باشد. بازدیدهای میدانی از رودخانه‌های منتهی به خلیج گرگان در خلال سال‌های ۱۳۹۲ الی ۱۳۹۵ نشان داده است که به غیر از مواقع بارانی و یا وقوع سیلاب در حوزه آب‌خیز خلیج گرگان هیچ‌یک از رودخانه‌های منتهی به خلیج از میزان دبی چشم‌گیری برخوردار نبوده و عملا خشک می‌باشند. از طرفی مطالعات اخیر در خصوص تغییرات اقلیمی آینده و اثرات آن بر منابع آبی استان گلستان نشان داده است که حوزه آب‌خیز خلیج گرگان در طی ۵۰ سال آینده (۱۳۹۰ الی ۱٤۵۰) در بیش از ٤۰ درصد مواقع با خشک‌سالی مواجه خواهد بود (قانقرمه و همکاران، ۲۰۱٦). با توجه به رشد جمعیت در استان گلستان در طی سال‌های آینده و نیاز آن به منابع آب جاری رودخانه‌ها در بخش شرب، صنایع و به‌ویژه کشاورزی و با عنایت به تغییر اقلیم می‌توان انتظار داشت که منابع آبی رودخانه‌های منتهی به خلیج گرگان با کاهش شدیدی مواجه گردیده و حتی تامین حق‌آبه زیستی رودخانه‌ها در سال‌های آتی نیز امکان‌پذیر نباشد. موید تحقیق مذکور گزارشات هیات بین‌الدول تغییر اقلیم در خصوص تغییرات اقلیم آینده و پیامدهای ناشی از آن بر بوم‌سازگان‌های آبی می‌باشد (گزارشات هیات بین‌الدول تغییر اقلیم، ۲۰۰۷). بر پایه این موضوعات سناریوی اول بیان‌گر وضعیت به‌مراتب بد ولیکن نزدیک به واقعیت برای خلیج گرگان خواهد بود.

بررسی نتایج مدل‌سازی تحت سناریو دوم نشان داده است که ورودی رودخانه‌ها نقش بسزایی در کاهش صدمات وارده به بوم‌سازگان خلیج گرگان در شرایط ورود به مرحله توالی بوم‌شناختی خواهند داشت. تحت تأثیر اقلیم حاکم بر خلیج گرگان و دبی آب ورودی به خلیج که از ۱۳ رودخانه تأمین می‌گردد، تالاب دریای خلیج گرگان پس از گذشت سه سال مبدل به یک تالاب درون‌خشکی خواهد شد.

نتایج تحقیق حاضر در خصوص سناریو دوم، بر اساس دبی آب محاسبه شده در رودخانه‌ها بالادست حوزه خلیج گرگان در دهه هشتاد خورشیدی می‌باشد

1- Hypoxia
2- Hydrometeorology

(شرکت مهندسین کنکاش عمران، ۲۰۰۸). تردیدی نیست که دبی رودخانه اعمال شده به خلیج گرگان با فرض تی اعمال گردیده و از مقادیر واقعی دور می‌باشد.

به‌طور متوسط سالانه متجاوز از ١٤٥٥٠٠ مترمکعب رسوب به‌وسیله ۱۵ واحد هیدرولوژیک بالادست به خلیج و تالاب میانکاله تخلیه می‌گردد. این امر موجب کاهش تدریجی عمق آب با سرعت رسوب‌گزاری ۵ میلی‌متر در سال می‌گردد (امینی، ۲۰۱۲). افزایش بار رسوبی در مواقع سیلابی به‌دلیل کاهش زبری بستر رودخانه‌ها در نتیجه لایروبی رودخانه‌ها در حوزه آب‌خیز خلیج گرگان نتایج مثبتی در حیات خلیج گرگان نداشته و سبب کاهش عمق در خلیج گرگان به‌دلیل رسوب‌گزاری، افزایش مواد مغذی در آب و از بین رفتن زیستگاه موجودات کف‌زی خواهد شد. هرچند از جمله وظایف تالاب‌ها دریافت رسوبات و مواد مغذی حوزه آب‌خیز مربوط به آن می‌باشد ولیکن این موضوع نباید از حد تحمل یک بوم‌سازگان تالابی بیشتر باشد. لذا پیشنهاد می‌گردد لایروبی رودخانه‌های منتهی به خلیج با تمهیدات لازم جهت کاهش بار رسوبی متناسب با ظرفیت تحمل خلیج با ساخت تله‌های رسوب‌گیر باشد و نسبت به تعیین حق‌آبه زیستی خلیج گرگان از رودخانه‌های منتهی به آن اقدام گردد.

هر چند توصیف شرایط فیزیوکوشیمیایی آب خلیج گرگان و از همه مهم‌تر مراحل توالی فون و فلور خلیج گرگان در گذار از تالاب دریای به تالاب درون خشکی مشکل می‌باشد ولیکن توصیف این تحول در خلیج گرگان زیاد دور از دسترس نیست.

نتایج مطالعات نشان داده است که، رسوبات موجود در بستر خلیج گرگان در نتیجه آورد رسوبی دریای کاسپی و رودخانه‌های منتهی به آن از جنس رسوبات ماسه‌ای و گلی می‌باشند (لاهیجانی و همکاران، ۲۰۰۸). خصوصیات ادافیک این رسوبات بلاقوه منشا خوبی برای تشکیل جوامع گیاهی خشکی‌زی در بستر خلیج گرگان در مواقع خشکی‌زدگی خواهد بود. در حوزه خشکی خلیج گرگان بیش از ٣٤٠ گونه گیاهی وجود دارد که از این میان بیش‌ترین تعداد را گیاهان یکساله و دوساله و کم‌ترین گونه را درختچه‌ها و درختان دایمی تشکیل می‌دهند.

بر اساس مطالعات صورت گرفته شیمی آب خلیج گرگان متأثر از شیمی آب دریای کاسپی قرار داشته و سهم رودخانه‌ها در شیمی آب ناچیز می‌باشد (بشری و همکاران، ٢٠١٤). در حال حاضر میانگین شوری در خلیج گرگان ۱۳ گرم بر لیتر می‌باشد و با حرکت از سمت شرق به غرب بر میزان آن افزوده می‌گردد (جمشیدی، ٢٠١٦). می‌توان انتظار داشت که پس از جدایی خلیج از دریا، شوری محبوس در خلیج گرگان بر اثر تبخیر آب، بر روی بستر خلیج رسوب نموده و تشکیل شوره‌زارهای را دهد که با حرکت از مناطق مرتفع خلیج به‌سمت مناطق پست آن بر میزان شوری خاک افزوده گردد. در این حالت گیاهان شورپسند[1] همچون سالیکورنیا، درختچه گز، سازو، نی و لویی از پر جمعیت‌ترین گیاهان طلایه‌دار مراحل توالی در خلیج گرگان خواهند بود.

تا کنون ۳۲ گونه ماهی و ۲۰ گونه گیاه آبزی در خلیج گرگان شناسایی شده است که ماهیان به ۱۱ خانواده و ۲۵ جنس تعلق دارند (کیابی و همکاران، ۲۰۰۰). ورود خلیج گرگان به مرحله توالی بوم‌شناختی سبب بر هم زدن تنوع و تراکم جمعیت فون و فلور آب‌زی خلیج گرگان با توجه به تحمل بوم‌شناختی[2] آبزیان آن خواهد شد و بی‌شک در این گزار گونه‌های که از تحمل بوم‌شناختی بالاتری

1- Halophyte
2- Ecological Valance

برخوردار بوده و پهن‌زی[1] می‌باشند در آینده از تراکم و جمعیت بیشتری بهره‌مند خواهند شد و بلاعکس گونه‌های باریکه‌زی از بوم‌سازگان خلیج گرگان رخت خواهند بست.

بررسی نتایج مستخرج از مدل‌سازی‌ها نشان داده است که هندسه حوضه خلیج گرگان متأثر از الگوی وزش باد (سرعت و جهت)، دایما تغییر مساحت داده و وزش باد غالب شمالی و غربی بیشترین تأثیر را در افزایش مساحت خلیج به‌دلیل ایجاد برکشند طوفان در آینده خواهند داشت. لازم به ذکر است که نتایج این تحقیق بر اساس دقت نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰ می‌باشد و لازم است تا جهت مدل‌سازی تالاب‌های فصلی شکل گرفته در خلیج گرگان منتج از شکل توپوگرافی بستر خلیج و موقعیت رودخانه‌های ورودی نسبت به استفاده از نقشه‌های بزرگ مقیاس و رایانه‌های پردازش‌گر توان‌مند در آینده اقدام گردد.

با توجه به نتایج حاصل از تحقیق حاضر پیشنهاد می‌گردد نسبت به جانمایی یک کانال جدید که بتواند افزایش رژیم تعویض آب و خودپالای در خلیج گرگان را به‌جهت پیش‌گیری از وقوع فرآیند تغذیه‌گرایی تأمین نماید اقدام گردد.

پیشنهاد می‌گردد پژوهش در خصوص فرآیند توالی بوم‌شناختی و استعدادهای بلاقوه خلیج گرگان جهت تبدیل آن به یک بوم‌سازگان خشکی بر اساس خصوصیات اقلیمی، خاکی و زیستی و شناسایی وضعیت جوامع تالاب‌زی از نوع آب شیرین و شور و همچنین ورود جوامع خشکی‌زی گیاهی و جانوری به بوم‌سازگان خلیج گرگان متاثر از سناریوهای کاهشی سطح آب و با استفاده از شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای به جهت مدیریت آینده این بوم‌سازگان ارزشمند و تسهیل در وقوع فرآیند جانشینی سازنده اقدامات لازم صورت پذیرد.

منابع

1. Alizadeh Katak Lahigani, H., Sharifi, A., and Haeri Ardakani, A. 2008. Sedimentology and Mineralogy of Grgan Bay. Research Report, Iranian National Center for Oceanography, 60p.
2. Amdaldin, S., Jafarbiglo, M., Zamanzade, S.M., and Yamani, M. 2014. Investigation of changes in the level of the Caspian Sea in the late Holocene based on the sensorization and morphology of the tundra in the southern of Gorgan bay. Quantitative Geomorphological Researches, 3(1): 114-126.
3. Amini, A. 2012. Sedimentology and Geochemistry of Holocene Sediments in South East of Gorgan Bay. Geology Ph.D., Department of Geology, Ferdowsi University of Mashhad, pp:1-281.
4. Amozadeh, D., and Kanani, M.R. 2008. The effect of Caspian Sea water fluctuations on Miankaleh habitat ecological conditions using Remote Sensing and Geographic Information System. World Applied Sciences Journal, 3(1): 34-38.
5. Ardakani, M.R. 2017. Ecology. Edition 17th, Tehran University Press, 340PP.
6. Bashari, L., Mahmudy, G., Mohammad, H., Moussavi-Harami, R., and Alizadeh-Lahijani, H. 2014. Hydrogeochemical Study of the Gorgan Bay and Factors Controlling the Water Chemistry. Oceanography, 5(2): 1-4.
7. Behrozi-Rad, B. 2009. Iran Wetlands .Geographic Organization of the Armed Forces. 798PP.
8. Chen, J.L., Pekker, T.C., Wilson, R., Tapley, B.D., Kostianoy, A.G., Cretaux, J.F., and Safarov, E.S. 2017. Long-term Caspian Sea level change. Geophysical Research Letters, 27(3): 6993-7001.

1- Euryece

9. Consulting Engineers Consulting Engineers. 2008. Water Resources Identification Studies in Miankaleh Peninsula. Mazandaran Regional Water Company. Final Report, 110p.
10. Erfan, Sh., and Hamedi, M.A.R. 2015. Barrier Island Complex in Southeast of Caspian Sea (North of Behshahr). Scientific Quarterly Journal, GEOSCIENCES, 24(95): 217-231.
11. Ghangherme, A.A., Roshan, Gh.R., Khaje-Shakohi, A.R., Shakohi, E., Mirkatoli, J., Nazarnejad, N.A., and Tavakoli, Gh.M. 2016. Review and evaluation of the occurrence of climate change or variation upon the resources water and uses in order to apply risk management instead of emergency management in real terms and predictions, Research Project, Golestan Regional Water Company, 65p.
12. Hosseini, S.A., and Hoseini, S.M. 2015. Introduction to Hydrobiology. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources Press, one edition, 214p.
13. IPCC-TGICA. 2007. General Guidelines on the Use of Scenario Data for Climate Impact and Adaptation Assessment. Version 2. Prepared by T.R. Carter on behalf of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Task Group on Data and Scenario Support for Impact and Climate Assessment, 66p.
14. Jamshidi, D. 2016. Study on Physical and Chemical Characteristics of Seawater of Gorgan Bay in the Eastern Part of Southern Coast of the Caspian Sea. International Journal of Management and Applied Science, 2(11): 151-155.
15. Jandaghi Alaee, M., Nazarali, M., Mohseni, F., and Allahyar, M.R. 2016. The Caspian Sea Water Level Fluctuations, a Major Threat to Gorgan Bay. 12th International Conference on Coasts, Ports and Marine Structures, Iran, Tehran, 2p.
16. Kakroodi, A.A., Kroonenberg, S.B., Mohamah Khani, H., Yamani, M., Hgasemi, M.R, Lahijani, H.A.K. 2012. Rapid Holocene sea-level changes along the Iranian Caspian coast, Quaternary International, Pp: 1-11.
17. Keyabi, B., Ghaemi, R.A., and Abdoli, A. 2000. Wetlands and rivers ecosystems in Golestan province. Golestan Environmental Protection Agency, 182p.
18. Khosravi, Gh.R., and Azamirad, M. 2014. CCHE2D Hydrodynamic Model with Application in Numerical Simulation of Flow Pattern and Sediment Transport. Norozi Press, one edition, 244p.
19. Khosravi, M., Karbassi, A.R., and Mazaheri, M. 2004. Review of Eutrophication Process in the Gorgan Bay. Water and Environment Quarterly, 56/57: 14-20.
20. Manual of MIKE 21, 2012. Coastal Hydraulic and Oceanography Hydrodynamic Module. Danish Hydraulic Institute (DHI Software), 32-50.
21. Manual of MIKE Zero, 2012. Bathymetric Editor Part. Coastal Hydraulic and Oceanography Hydrodynamic Module. Danish Hydraulic Institute, 57-80.
22. Poua Tarh Pars. 2017. Identification and Presentation of the Final Solution to Save the Gorgan Bay and Miankaleh Peninsula. Final Report, 448p.
23. Rahimipour, H. 2005. Hydrodynamic study of flow and prediction of erosion and sedimentation pattern in Gorgan Bay. Soil and Watershed Protection Research Center, Research Project, 246p.
24. Rychagov, G.I. 1997. Holocene Oscillations of the Caspian Sea and forecasts based on pale geographical reconstructions, Quaternary International, 41/42, Pp: 167-172.
25. Sahney, S., and Benton, M.J. 2008. Recovery from the most profound mass extinction of all time. Proceedings of the Royal Society: Biological. 275 (1636): 759–65.
26. Salmanmahine, A.R., and Safidiyan, S. 2013. A Hydrological Classification of International Wetlands of Iran. Environmental Resources, 3(6): 45-56.
27. Sharbaty, S. 2016. Review necessity of the Caspian Sea water level decreasing effects on the Gorgan Bay situation and solutions offer for the crisis overcoming in future years. Journal Management System, 5(1): 1-105.
28. Sharbaty, S., and Ghangherme, A.A. 2016. Forecasting the Effect of Decreasing Long Time Trend of Caspian Sea Water Level on the Life of Gorgan Bay. Journal Environmental Technology, 17(4): 46-59.

29. Smagorinsky, J. 1963. General circulation Experiments with the primitive equations, Monthly Weather Review, Vol. 91, Pp: 91-164.
30. Smith, S.D., and Bank, G. 2007. Variation of the sea drag coefficient with wind speed. Quart. Met. Soc, Vol. 101, Pp: 665-673.